



**SAVONIA**

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO

Tekniikan ja liikenteen ala

# AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMÄN VALINTA KOTITALOUKSISSA

Tekijä: Panu Hyvönen



SAVONIA-AMMATTIKORKEAKOULU  
OPINNÄYTETYÖ  
Tiivistelmä

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma Energiatekniikan koulutusohjelma			
Työn tekijä(t) Panu Hyvönen			
Työn nimi Aurinkosähköjärjestelmän valinta kotitalouksissa			
Päiväys	31.5.2015	Sivumäärä/Liitteet	32
Ohjaaja(t) Olli-Pekka Kähkönen			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Keijo Aihkisalo, Suntekno			
<p>Tiivistelmä</p> <p>Tässä opinnäytetyössä oli aiheena vertailla erinäisiä mahdollisuuksia aurinkosähköjärjestelmää rakennettaessa. Tavoitteena oli selvittää mitä osakokonaisuuksia aurinkosähköjärjestelmää suunnittelevan tulisi ottaa huomioon.</p> <p>Työssä vertailtiin aurinkosähköjärjestelmien eri komponenttien vahvuuksia sekä heikkouksia. Näiden puolien lisäksi selvennettiin järjestelmän asennukseen vahvasti liittyviä seikkoja, jotka tulisi huomioida suunniteltaessa.</p> <p>Opinnäytetyön tuloksena on selventävä kuva siitä, minkälaisia mahdollisuuksia on muokata aurinkosähköjärjestelmä juuri sopivaksi omassa käyttökohteessaan. Käyttökohteesta riippuen aurinkosähköjärjestelmä voidaan muokata vastaamaan kohteen ja asiakkaan tarpeita sekä vaatimuksia.</p>			
<p>Avainsanat</p> <p>Aurinkosähköjärjestelmät, paneelit, lataussäätimet, invertterit, pientuottosopimukset.</p>			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Energy Technology			
Author(s) Panu Hyvönen			
Choosing a Solar Panel System in Households			
Date	31.5.2015	Pages/Appendices	32
Supervisor(s) Olli-Pekka Kähkönen			
Client Organisation /Partners Keijo Aihkisalo, Suntekno			
<p>Abstract</p> <p>The subject of this thesis was to compare different possibilities when building a solar panel system. The aim was to clarify the process of planning a solar panel system.</p> <p>The strengths and weaknesses between different components in solar panel systems were compared in this thesis. In addition to comparing different components, in this thesis, the aim was to bring up strongly related matters that should be taken into consideration while planning and buying a solar power system.</p> <p>The result of this thesis is a clarifying picture of the opportunities involved in optimizing and modifying solar panel systems. The systems can be widely modified to fit the needs of a particular household or an area.</p>			
<p>Keywords</p> <p>Solar panels, Solar power systems, charge controllers, inverters, electric production contracts.</p>			

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	7
1.1	Tärkeä tähti .....	8
1.2	Aurinkomme .....	8
1.3	Aurinkoenergia .....	8
2	AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMÄT .....	9
2.1	Aurinkosähköjärjestelmien kaksi tyyppiä .....	11
2.1.1	On-grid –järjestelmä .....	11
2.1.2	Off-grid –järjestelmä .....	11
2.2	Paneelit .....	12
2.2.1	Yksikidepaneelit.....	13
2.2.2	Monikidepaneelit.....	15
2.2.3	String ribbon –paneelit.....	16
2.2.4	Ohutfilmi .....	17
2.3	Lämpötilat.....	19
3	SIJOITTAMINEN .....	21
3.1	Paneelien kallistuskulma .....	21
4	LATAUSSÄÄTIMET .....	23
5	INVERTTERIT.....	24
6	PANEELEIDEN HINTA JA TEHOKKUUS.....	25
7	JÄRJESTELMÄN MITOITUS .....	27
7.1	Sähkösopimukset .....	28
8	YHTEENVETO.....	30
9	LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT .....	31

## KÄYTETYT LYHENTEET SEKÄ TERMIT

Absorptio	Atomien, molekyylien ja ionien imeytyminen aineeseen.
AC	Vaihtovirta
Aggregaatti	Moottori, jolla tuotetaan sähköä
CdTe	Kadmiumtelluridi
CIGS	Kupari-indium diselenidi
Czochralski-menetelmä	Yksikiteisen piiharkon valmistusmenetelmä
DC	Tasavirta
Hyötysuhde	Koneen tai laitteen tehokkusaste
On-Grid	Sähköverkkoon liitetty tuotantojärjestelmä
Off-Grid	Sähköverkon ulkopuolinen tuotantojärjestelmä
Pii	Kiteisissä aurinkokennoissa käytetty alkuaine
Siemenkide	Yksittäinen pieni kide, josta lähdetään kasvattamaan suurempaa kristallia
Temperature coefficient	Lämpötilan vaikutus aurinkopaneeliin.
Vaihtosuuntaaja	Muuntaa tasavirran vaihtovirraksi
NOCT	Nominal operating cell temperature
PWM	Pulse width modulation
MPPT	Maximum power point tracking

## 1 JOHDANTO

Aurinkovoima on tänä päivänä nostamassa suosiotaan ja tietoisuus auringosta saatavasta energiasta kasvaa. Aurinkopaneeleita sekä -keräimiä käytetään yhä enemmän uusien rakennuksien yhteydessä, ja joissakin tapauksissa niitä lisätään vanhoihin rakennuksiin. Aurinkojärjestelmien tekniikka on viimeaikoina kehittynyt, ja se on mahdollistanut järjestelmien hintojen alenemisen. Asennoituminen ja kiinnostus aurinkoenergiaa kohtaan on kasvamassa.

Työn tarkoituksena on tehdä vertailua sekä havainnointia aurinkosähköjärjestelmistä lähinnä kotitalouksien näkökulmasta. Aurinkosähköjärjestelmän kokonaisuuden hahmottaminen voi olla haasteellista monelle, joten työssä käydään läpi aurinkosähköjärjestelmän komponentit vertaillen, sekä pyritään antamaan käsitystä mitenkä järjestelmä kannattaisi rakentaa.

Opinnäytetyössä vertailtiin vaihtoehtoja aurinkosähköjärjestelmän muodostamiseksi. Työssä päädyttiin siihen tulokseen, että jo tänä päivänä on mahdollista rakentaa monelle kohteelle yksilöllisesti räätälöityjä järjestelmiä, jotka sopivat kohteen energian tarpeisiin.

## 1.1 Tärkeä tähti

Aurinko on merkittävin energianlähde maapallolla. Etäisyys auringon ja maapallon välillä on 149 miljoonaa kilometriä ja siitä huolimatta emme tulisi toimeen ilman auringosta saatavaa valoa ja energiaa. Ilman auringon valoa ei tapahtuisi yhteytystä, jota kautta suurin osa eliökunnan käyttämästä energiasta muodostuu. Ilman aurinkoa maapallolla ei olisi edellytyksiä elämälle.

## 1.2 Aurinkomme

Aurinko on massaltaan 99,86 % aurinkokuntamme kokonaismassasta ja se koostuu pääosin vedystä ja heliumista. Auringon säteilemä energia muodostuu sen ytimessä tapahtuvasta fuusioreaktiosta, jossa vety muuttuu heliumiksi. Tämä energia kantautuu maahan asti valaisten ja lämmittäen maata. Mikäli pystyisimme valjastamaan kaiken maahan tulevan auringon säteilyn täydellisesti, riittäisi kahden tunnin aikana saatu energia kattamaan energiantarpeen vuodeksi ihmiskunnalle. (Tieteen Kuvalehti, 2007)

## 1.3 Aurinkoenergia

Aurinko, fuusioreaktioituva kaasupallo, tuo meille lämpöä sekä valoa. Auringon säteily sisältää valtavan määrän energiaa. Aurinko on energianlähde, joka koostuu säteilyenergiaa kuljettavista hiukkasista, eli fotoneista. Fotoneista saadaan otettua valosähköisen ilmiön avulla omaan käyttöömme energiaa, joka voidaan muuntaa sähköksi aurinkokennoilla.

Valosähköisen ilmiön löytyminen voidaan sijoittaa vuoteen 1887, jolloin Heinrich Hertz havaitsi, että kahden sähköisesti varatun levyn välillä hyppäävä kipinä siirtyy helpommin kohdistettaessa valoa toisen levyn pinnalle. Tätä ei kuitenkaan kyetty vielä selittämään kyseisen ajan tietämyksen perusteella, vaan ilmiön selventäminen jäi 18 vuoden päähän monen tuntemalle fyysikolle Albert Einsteinille. Einstein julkaisi vuonna 1905 teoksen, jossa selitettiin kuinka valo voi irroittaa elektroneja metallin pinnalta. Viisikymmentä vuotta myöhemmin David Chapin, Calvin Fuller ja Gerard Pearson valmistsivat maailman ensimmäisen laitteen, jolla pystyttiin suoraan muuttamaan tarpeeksi auringon säteilyä riittäväksi määrää sähköä pyörittämään yleisiä sähkölaitteita. (Maanselkä, 2011) (U.S Department of Energy)



## 2 AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMÄT

Tänä päivänä aurinkopaneelien pinta hyödyntää valosähköilmiötä ja on kehittynyt hyvinkin paljon ajasta, jolloin ilmiö oli vain kipinä hyppäämässä levyltä toiselle. Paneelien kennot on tehty materiaaleista, joille aurinkosäteilyn fotonit luovuttavat energiansa. Materiaalien energiaa saaneet elektronit saavat aikaiseksi sähkövirran, joka johdetaan kennojen johtimiin. Johtimista sähkö hyödynnetään eri kulutuskohteisiin.

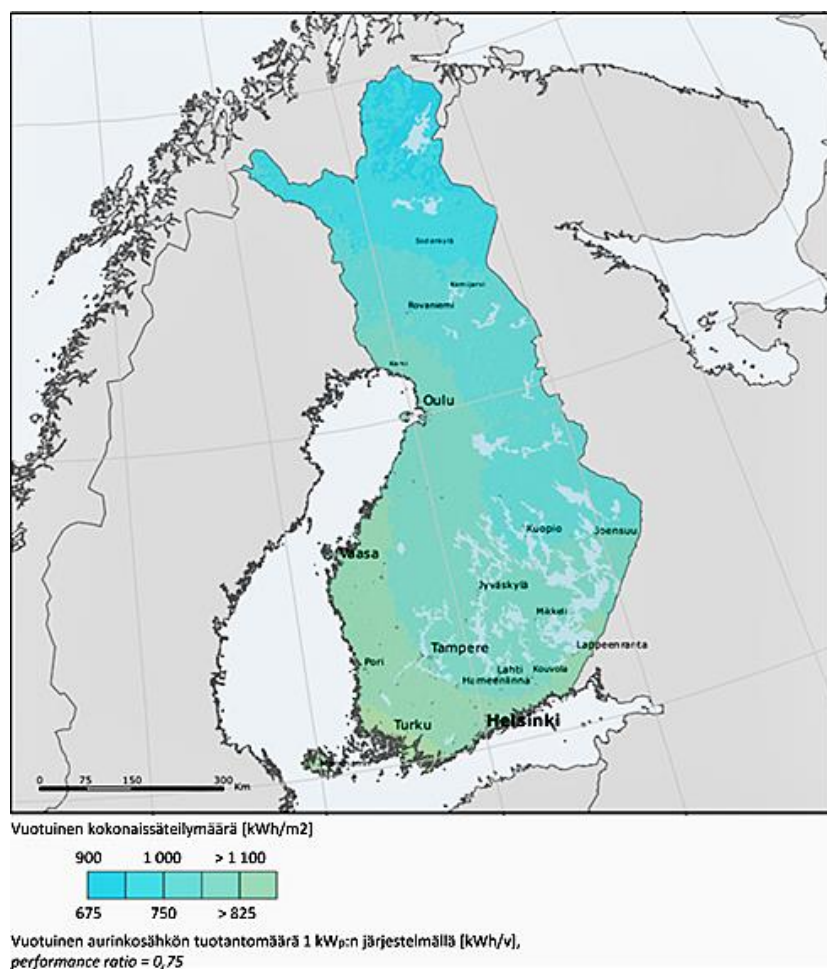
Aurinkosähköjärjestelmät ovat yleistymässä ympäri maailmaa huimaa vauhtia. Suosion kasvu johtune paneeliteknologian nopeasta kehityksestä, jonka myötä aurinkosähkösovellukset ovat muuttuneet huomattavan paljon halvemmiksi. Suomessa-kin kasvu on tasaista ja asenteet ovat muuttumassa.

Nykyään maailmalla käytetään yhä enemmän ja enemmän aurinkoenergiajärjestelmiä. Järjestelmiä hyödynnetään etenkin monissa uusissa rakennuskohteissa, olkoon kyseessä omakoti- tai kerrostalo. Aurinkosähköjärjestelmän lisääminen on potentiaalisesti hyvinkin kannattava ja houkutteleva investointi. Aurinkosähköjärjestelmät täydentävät erittäin hyvin myös vanhoja rakennuksia.



Kuva 1. Aurinkopaneelijärjestelmä asennettuna talon katolle. (Koberlein, 2015)

Suomalaiset uskovat vielä tiukasti siihen, että Suomen leveysasteilla aurinkoenergian käyttö on turhaa, sillä eihän Suomessa paista aurinko tarpeeksi tai talvet ovat pimeitä. Olosuhteet Suomessa hyvälle aurinkoenergian tuotannolle eivät ole kuitenkaan niin huonot kuin monet uskovat. Eteläisessä Suomessa auringosta vuoden aikana saatava säteily määrä vastaa samaa määrää kuin Pohjois-Saksassa, 980 kWh/m<sup>2</sup> eli lähes tuhat kilowattituntia neliömetrille. Pohjois-Suomessakaan ei jäädä ilman säteilyä, siellä vuotuinen säteily määrä on keskimäärin 790 kWh/m<sup>2</sup>.



Kuva 2. Säteily määrä Suomessa. (Motiva, 2014)

Suomen kesäpäivät ovat pitkiä ja valoisia. Kevättalvi on suhteellisen valoisaa, jolloin olosuhteet aurinkosähkölle ovat mitä mainioimmat. Ilma on kylmä, jolloin aurinkopaneelien hyötysuhde ei laske liiallisesta paneelin pinnan kuumentumisesta johtuen. Kevättalvella hanget kantavat oman osansa hyvien olosuhteiden luomiseen. Se osa auringon säteilystä, mikä ei kesällä osuisi paneeleihin, heijastuu nyt hankien kautta hajasäteilyinä paneelien pinnalle, lisäten paneelien keräämää energiaa. Hajasätei-

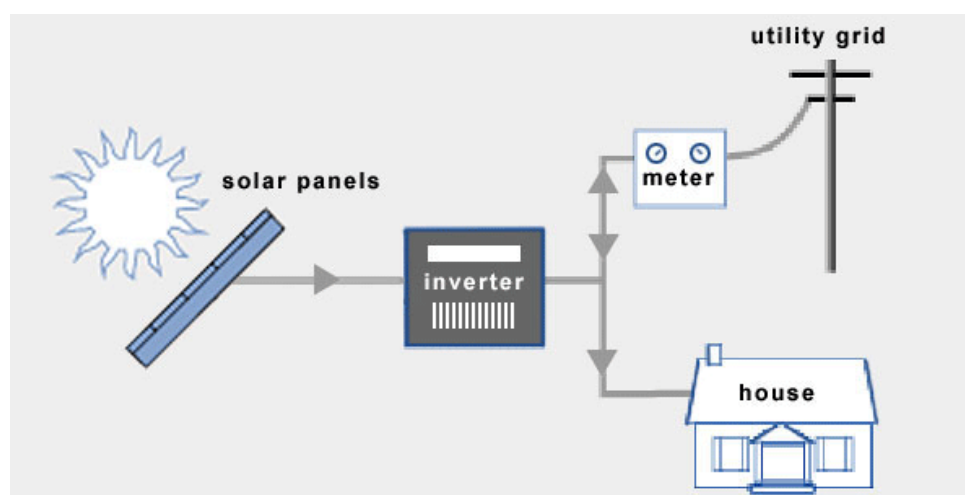
lyllä tarkoitetaan kaikkea sitä auringosta alun perin tullutta säteilyä, mikä on ilmakehän, pilvien sekä maan ja veden kautta heijastunutta. Suomessa noin puolet vuotuisesta kokonaissäteilystä on hajasäteilyä. (Motiva, 2014)

## 2.1 Aurinkosähköjärjestelmien kaksi tyyppiä

Aurinkosähköjärjestelmiä on kahta tyyppiä: on-grid - sekä off-grid -järjestelmät. Järjestelmän nimityksestä tulee ilmi onko järjestelmä kytketty sähköverkkoon kiinni (on-grid) vai onko järjestelmä kykenevä toimimaan omavaraisesti (off-grid).

### 2.1.1 On-grid –järjestelmä

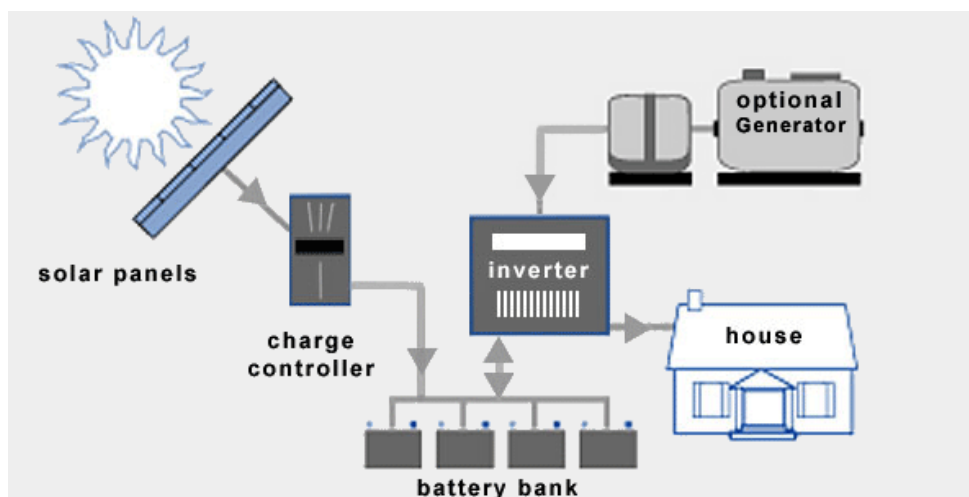
Verkkoon kytketyn, on-grid -järjestelmän tuottama sähkö voidaan käyttää ja/tai syöttää kansalliseen sähköverkostoon. Sähköverkkoon syötettäessä järjestelmässä on oltava mukana invertteri eli vaihtosuuntaaja, joka muuntaa aurinkopaneeleilta saatavan tasavirran (DC) vaihtovirraksi (AC). Invertterin avulla sähkövirta saadaan muunnettua sellaiseen muotoon, että sitä voidaan käyttää verkon vaatimusten mukaisesti kansallisessa sähköverkostossa.



Kuva 3. Pelkistetty kaavio on-grid-järjestelmästä. (Mæhlum, 2013)

### 2.1.2 Off-grid –järjestelmä

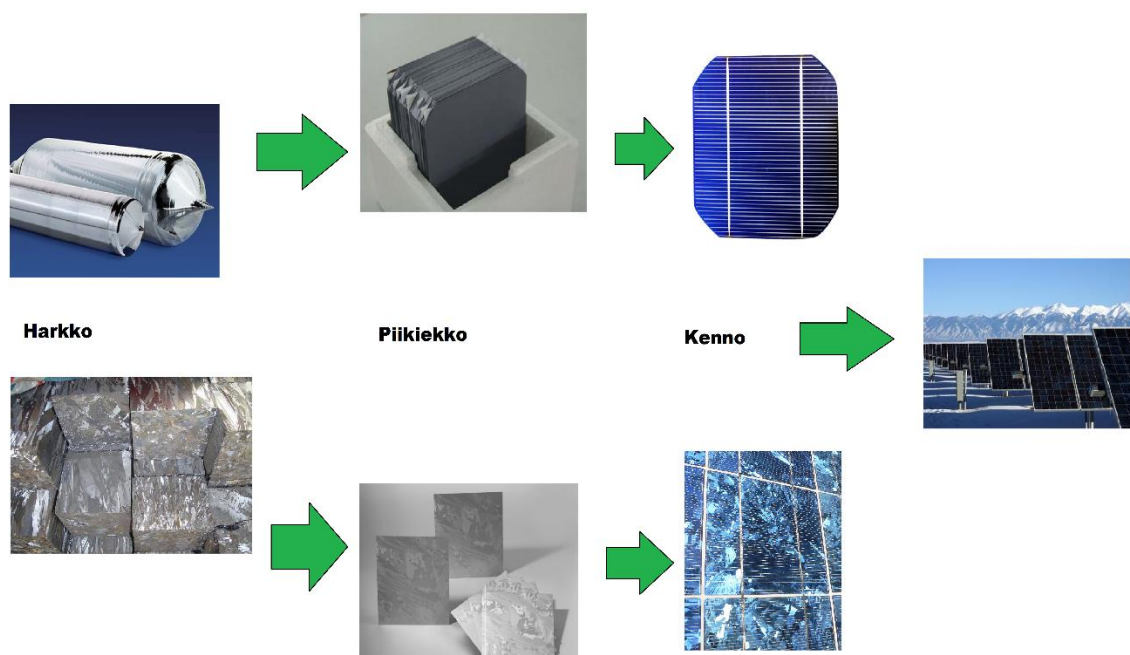
Off-grid järjestelmä puolestaan on järjestelmä, jota kannattaa käyttää esimerkiksi kesämökillä, jossa ei ole sähköverkostoa, vaan kaikki käytetty sähkö tuotetaan itse aurinkopaneelien avulla. Mikäli kesämökki on ympärivuotisessa käytössä, on rinnalle rakennettava toinen energianlähde joko tuulivoimasta tai aggregaateista.



Kuva 4. Off-grid-järjestelmästä. (Mæhlum, 2013)

## 2.2 Paneelit

Aurinkosähkijärjestelmiä on monenlaisia ja kokoisia, mutta kaikkia yhdistävä tekijä on se, että järjestelmän olennaisin ja näkyvin osa on aurinkopaneeli. Paneelityyppejäkin on lukuisia. Paneelien koko ja materiaali voi vaihdella huomattavasti eri mallien välillä. Suurin tekijä, joka vaikuttaa paneelien hintaan, kokoon sekä tehokkuuteen on paneelien kennojen valmistusmateriaali ja -tapa. Paneelimallit ovat yksi- ja monikidepaneelit sekä ohutfilmi.



Kuva 5. Ylempänä yksikidepaneelin valmistusvaiheet ja alempana monikiteisen paneelin.

### 2.2.1 Yksikidepaneelit

Yksi yleisimmistä paneelien kennomalleista on yksikiteiset kennot. Yksikidepaneelien kennot valmistetaan Czochralski-menetelmän avulla tuottaen sylinterimäisiä piiharkkoja. Czochralski-menetelmässä sulaan puhtaaseen piihin lasketaan ns. siemenkide, jonka ympärille harkko alkaa kasvaa. Harkon kokoa kasvatetaan vetämällä siemenkidettä ja sen ympärille muodostunutta juurta pikkuhiljaa ylöspäin pyörittäen harkkoa prosessin aikana akselinsa ympäri. Harkon valmistuttua siitä leikataan irti ohuet piilevyt, jotka käsitellään aurinkopaneelin kennoiksi. Yksikidekennot on helppo tunnistaa pyöreistä reunoistaan.





Kuva 6. Yksikidepaneelin kenno.

Koska yksikidepaneelit valmistetaan puhtaasta piistä ja yhdestä kristallista, niiden hyötysuhde on aurinkokennotyypeistä korkein, eli 15–20 %. Laboratorio-olosuhteissa tehdyissä kokeissa korkeimmaksi hyötysuhteeksi on saatu 21,5 %. Korkea hyötysuhde tarkoittaa myös sitä, että yksikidepaneeleiden tilantarve on muita tyyppisiä pienempi, jolloin niitä voidaan käyttää paikoissa joissa tilaa ei ole paljoa ja annettu tila halutaan käyttää mahdollisimman tehokkaasti.

Puhtaan piin ja valmistusmenetelmän takia yksikidepaneelit ovat kalliimpia kuin kilpailevat mallit, jolloin laitteiston takaisinmaksuaika saattaa pidentyä hyötysuhteestaan huolimatta. Valmistusprosessissa myös levyjen muotoon leikkaamisessa syntyy suhteellisen paljon piijätettä, jolla on negatiivinen vaikutus ekologisuuden sekä taloudellisuuden kannalta.

Yksikiteisyys toisaalta antaa selviä etuja esimerkiksi monikidepaneeleihin nähden. Yksikidepaneelit ovat pitkäikäisiä oikein hoidettuina ja niissä on yleensä 25 vuoden takuu. Hämärällä sähkön tuotto sekä lämpötilojen sieto ovat teoriassa paremmalla tasolla kuin muilla kiteisillä kennotyypeillä. (Maehlum, 2015) (Solar Facts and Advice, 2012)

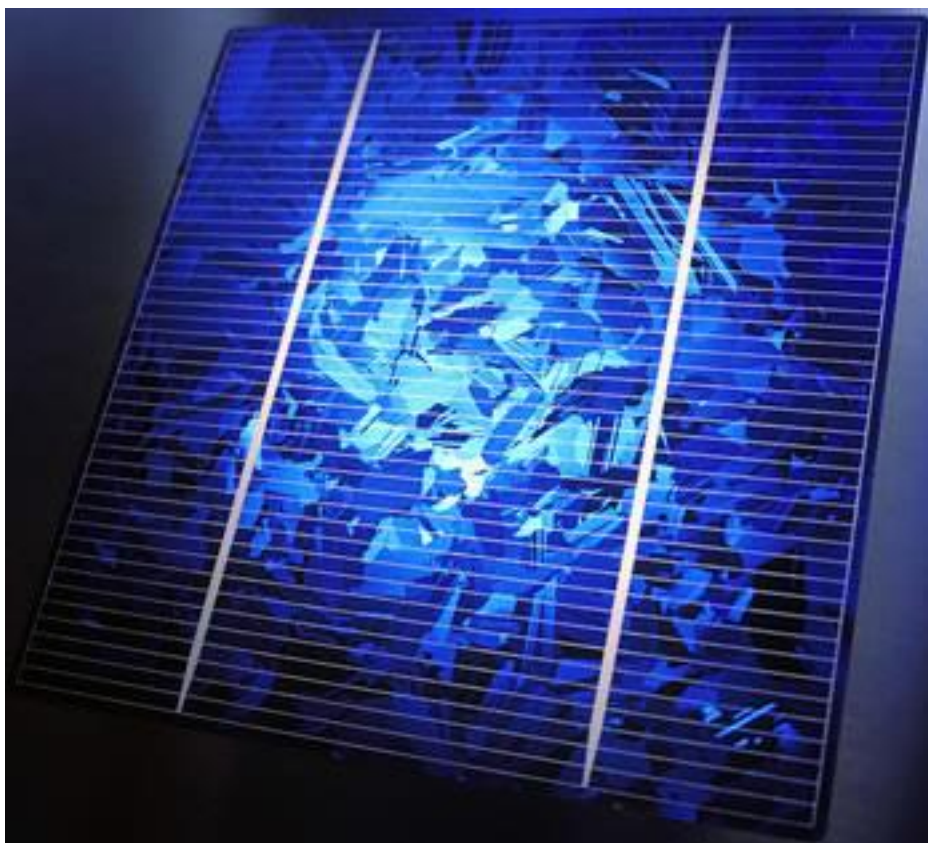
## 2.2.2 Monikidepaneelit

Monikiteiset aurinkopaneelit ovat yksikiteisten paneelien rinnalla tämän hetken käytetyimpiä paneeleita aurinkosähköjärjestelmissä.

Monikidepaneeleita valmistettaessa ei tarvita Czochralski menetelmää, vaan pii voidaan sulattaa ja valaa suoraan muotteihin, jolloin saadaan harkkoja, joista on helppo leikata kennojen palat irti. Näin ollen monikidepaneelien valmistuskustannukset ovat matalammat, kuin yksikidepaneelien, eikä hukkajätettä synny niin paljon.

Valmistusmenetelmän takia piin puhtaus sekä kennojen koostumus johtaa siihen, että paneelien hyötysuhde on 2-4 % heikompina kuin yksikidepaneeleilla. Matalammasta hyötysuhteesta johtuen yksikiteisiin paneeleihin verrattuna monikidepaneelit tarvitsevat hieman suuremman alan, jotta ne yltäisivät samoihin lukemiin sähkön tuotannossa.

Kennojen monikiteinen rakenne voi olla joillekin tilaajille tai asiakkaille esteettisistä syistä haittatekijä, sillä kiteet saavat auringonvalossa aikaiseksi kuvan 7 kaltaisen öljymäisen monivärisen kimaltelun.



Kuva 7. Monikidepaneelin kenno.

Heikommasta hyötysuhteestaan ja suuremmasta tilantarpeestaan huolimatta monikidepaneelit voivat olla parempi ratkaisu yksikidepaneeleihin verrattuna. Monikidepaneelien valmistuskustannuksista johtuen niiden hinta on alhaisempi. Hyötysuhde monikidepaneeleilla on suhteellisen korkea, mutta jonkun verran heikompi kuin yksikiteisillä. Nämä kaksi edellämainittua ominaisuutta johtavat siihen, että laitteiston takaisinmaksuaika, yleisesti käyttökohteesta riippuen, on lyhempi oikein mitoitettuna. (Maehlum, 2015)

### 2.2.3 String ribbon –paneelit

Ominaisuuksiltaan lähes monikidepaneelin kaltainen string ribbon -paneelit valmistetaan string ribbon -menetelmällä, jossa sulan piimassan läpi juoksutetaan ohuita nauhoja, jotka keräävät läpi mennessään mukaansa piitä. Paneelia varten nauhoista yhdistetään kenno. Nämä kennot ovat hyvin samannäköisiä monikidekennojen kanssa. Paneelitypin käyttö ja valmistus on ollut suhteellisen vähäistä, mikä osaltaan johti paneelien pääasiallisen valmistajan Evergreen solar -yhtiön konkurssiin.



Paneelien valmistusprosessi käytti vähemmän piitä kuin monikidepaneelien valmistus, joten ne olivat halvempia myydä. Valmistusmetodi vaatii enemmän energiaa. Hyötysuhteeltaankaan nämä paneelityypit eivät olleet erikoisia, vaan niiden hyötysuhde pysyi samalla tasolla kuin alhaisimman pään monikidepaneeleilla, eli hyötysuhde oli vain 13–14 %. (D.S. Kim) (Maehlum, 2015)

#### 2.2.4 Ohutfilmi

Kiteiset aurinkokennot eivät ole ainoita malleja paneelien valikoimassa. Kiteisten aurinkokennojen rinnalle yhä vahvemmin ja vahvemmin pyrkivät ohutkalvo- tai ohutfilmikennot. Ohutkalvokenno valmistetaan levittämällä ohut puolijohteista tehty kalvo esimerkiksi lasiselle tai muoviselle pinnalle.

Hyötysuhteet vaihtelevat paljon erilaisten mallien välillä, ja lisäksi materiaalivaihtoehtoja on paljon. Yleisimmin käytetty materiaali lienee amorfinen pii, jota käytetään mm. laskinten aurinkokennoissa. Amorphisen piin lisäksi kaksi hyvin yleistä materiaalia ohutkalvokennoille ovat CdTe (kadmiumtelluridi) ja CIS/CIGS (kupari-indium diselenidi).

CdTe-paneeleilla on päästy aivan lähiaikoina jopa ennätyslukemaan 21.5 % hyötysuhteessa laboratorio-olosuhteissa. Kyseisen hyötysuhteen omaavien paneelien markkinoille saapumiseen voi kestää pitkäänkin, sillä massatuotantoon sopivien menetelmien hallitseminen on osoittautunut haastavaksi tehtäväksi. (Casey, 2014)

On havaittu että CdTe-kennot absorboivat auringon valoa juuri oikeilla aaltopituuksilla ja täten potentiaalisesti ovat hyvinkin tuottoisia. CdTe-kennojen valmistaminen on suhteellisen helppoa ja tehokasta vaikkakin telluuri on harvinainen puolimetalli. Telluuria saadaan tällä hetkellä riittävästi kuparin tuotannon sivutuotteena ja kadmium puolestaan on hyvin riittoisa, mutta myrkyllinen metalli. Oikealla käsittelyllä kadmiumin myrkyllisyydestä syntyvä ympäristöllinen sekä terveydellinen riski pystytään välttämään. CdTe-kennojen tulevaisuus näyttää lupaavalta ja niiltä odotetaan suhteellisen paljon.

Edellistä ohutkalvopaneelien hyötysuhteen ennätystä piti hallussaan CIGS-paneelitekhnologia 20,8 % hyötysuhteella. CIGS-paneeleilla, kuten kilpailijallansakin CdTe-

paneeleilla, ongelmana on huippuhyötysuhteen tuovan valmistustavan integrointi massatuotantoon. (Frank Andorka, 2014)

Ohutkalvokennojen puolesta puhuvat kuitenkin niiden helppous massavalmistuksessa, jolloin ne ovat potentiaalisesti halvempia tuottaa. Vaikka vielä ei pystytä massatuottamaan huippuhyötysuhteen paneeleita, massatuottamisen helppous on tuottajan näkökulmasta suuri etu. Kalvot voidaan valmistaa kattamaan suurempia pinta-aloja kuin kiteiset piikennot. Niiden yksivärisyydestä tuleva esteettisyys voi myös olla yksi valintakriteeri asiakkaalle.

Ohutkennokalvojen materiaalit ovat yleensä suhteellisen taipuisia, jolloin kennoja voidaan hyödyntää hieman erikoisemmissakin paikoissa tarvitsematta huolehtia siitä, että kennot lohkeaisivat ja rikkoisivat järjestelmän. Kennot ovat myös lämpötilojen sietokyvyltään erinomaisia ja pitävät hyötysuhteen tasaisena kennojen pintalämpötilan noustessakin. Varjostuskaan ei tuota niin suurta harmia kennojen sähkön tuotolle. Kuitenkin kennojen yleisen hyötysuhteen ollessa tällä hetkellä suhteellisen alhainen ei niiden käyttö ole normaaleissa käyttökohteissa välttämättä kovinkaan käytännöllistä, sillä tilantarve verrattuna kiteisiin paneeleihin on suuri. Ohutfilmi-kennot myös heikkenevät ajan myötä nopeammin kuin piikidepaneelit.

Teknologiasta riippuen laboratoriotiloissa on päästy jopa 20 % hyötysuhteisiin prototyypeillä, mutta suurin osa tuotantomalleista on noin 9 % tienoilla hyötysuhteeltaan. Tulevaisuus näyttää kuitenkin lupaavalta ja tuotantokennoilta odotetaan mahdollisesti pääsyä 10–16 % lukemiin hyötysuhteen osalta lähivuosina.



Kuva 8. Esimerkki erikoisemmasta käyttökohteesta. Enerplexin tuottama CIGS kennoilla varustettu reppu esimerkiksi kännykän lataamiseen. (EnerPlex Oy)

## 2.3 Lämpötilat

Moni saattaa ajatella, että mitä enemmän aurinko paistaa ja mitä lämpimämpi on, sitä parempi tuotto aurinkopaneeleilla on. Tämä ei kuitenkaan aivan pidä paikkaansa, sillä mitä korkeampi lämpötila, sitä heikommaksi paneelien hyötysuhde laskee. Tästä syystä paneelimallien tietolomakkeessa on aina merkitty lämpötilakerroin, joka kertoo kuinka paljon paneelin hyötysuhde laskee joka asteella, kun paneelin lämpötila nousee yli 25 °C.

Tietolomakkeista, eli ns. datasheeteistä, saadaan esille myös toinen tärkeä lukema, NOCT (nominal operating cell temperature). NOCT-lukema kertoo paneelin lämpötilan standardisoiduissa olosuhteissa. Olosuhteet on asetettu vastaamaan keskimääräisiä olosuhteita, missä paneeli voisi toimia. Testiolosuhteissa käytetään 800 W/m<sup>2</sup> säteilymäärää ilman lämpötilan ollessa 20 °C ja tuulen nopeus 1 m/s sekä paneelin kulma 45 °C aurinkoon nähden. NOCT-lukeman avulla pystytään laskemaan paneelin hyötysuhde, joka vastaa paremmin hyötysuhdetta, jonka paneeli tulee antamaan kesäpäivinä.

Toiminnallisen hyötysuhteen laskeminen ei ole kovinkaan monimutkaista. Tarkastellaan esimerkiksi Axitec yhtiön premiumsarjan AC-250M/156-60S-yksikiteistä aurinkopaneelia. Paneelin NOCT-lukema on 45 °C ja temperature coefficient, eli lämpötilakerroin, on -0,40 %/°C. Näiden tietojen avulla voimme luoda lausekkeen, jolla laskemme kuinka paljon paneelin hyötysuhde tipahtaa NOCT-olosuhteissa.

(Finnwind)

$$(0,4 \text{ \%}/^{\circ}\text{C} \times (45 \text{ }^{\circ}\text{C} - 25 \text{ }^{\circ}\text{C})) = 8 \text{ \%} \quad (1)$$

Laskusta näemme, että paneelin lämpötilan noustessa 45 asteeseen hyötysuhde laskee 8 %. Verrattuna paneelin ilmoitettuun hyötysuhteeseen tämä on huomattavan suuri lukema. Mutta kuitenkin on otettava huomioon se, että jokainen paneeli kärsii tästä ilmiöstä paneelityypistä riippuen. Paneelit silti pystyvät tuottamaan oikein mitoitettuna hyvin energiaa lämpöhäviöistä huolimatta.

Paneelin lämmönsietokyky on melko paljon sitoutunut paneelityyppiin. Poikkeuksia tosin löytyy riippuen paneelin valmistajista ja laadusta. Esimerkiksi SoloPanel SP3S -paneelin NOCT sekä lämpötilakerroin ovat hyvinkin korkeita ohutkalvopaneeliksi.

Taulukko 1. Paneelimallien lämmönsietokyvyn vertailu. Tiedot kerätty toimittajien esitteistä. (Esitteet taulukko 1)

Paneeli	Kennotyyppi	NOCT (°C)	Pmax
Solar laminate PVL-136	Ohutfimi (a-Si)	46	-0,21 %
First solar series 3	Ohutfilmi (CdTe)	45	-0,29 %
First solar series 4	Ohutfilmi (CdTe)	45	-0,34 %
PowerMax SMART	Ohutfilmi (CIGS)	40	-0,39 %
Axitec premium	yksikiteinen	45	-0,40 %
Nova chsm 6612P	Monikiteinen	46	-0,41 %
Nova chsm 6610p (BL)	Monikiteinen	43	-0,41 %
Suniva optimus	yksikiteinen	46	-0,42 %
ASM6610P (BF)	Monikiteinen	46	-0,42 %
Solarfennel	Monikiteinen	48	-0,43 %
AE-OWN energy	yksikiteinen	47	-0,43 %
Suntech stp 305	Monikiteinen	45	-0,43 %
Hyundai MG-Series	Monikiteinen		-0,43 %
Hyundai MG-Series	yksikiteinen		-0,45 %
Solarion SOL100Flex	Ohutfilmi (CIGS)	47	-0,45 %
Sonali solar ss 230	Monikiteinen		-0,45 %
Nova chsm 6610M	yksikiteinen		-0,47 %
SoloPanel SP3S	Ohutfilmi (CIGS)	48	-0,48 %
Sharp ND L240Q2	Monikiteinen	47,5	-0,49 %

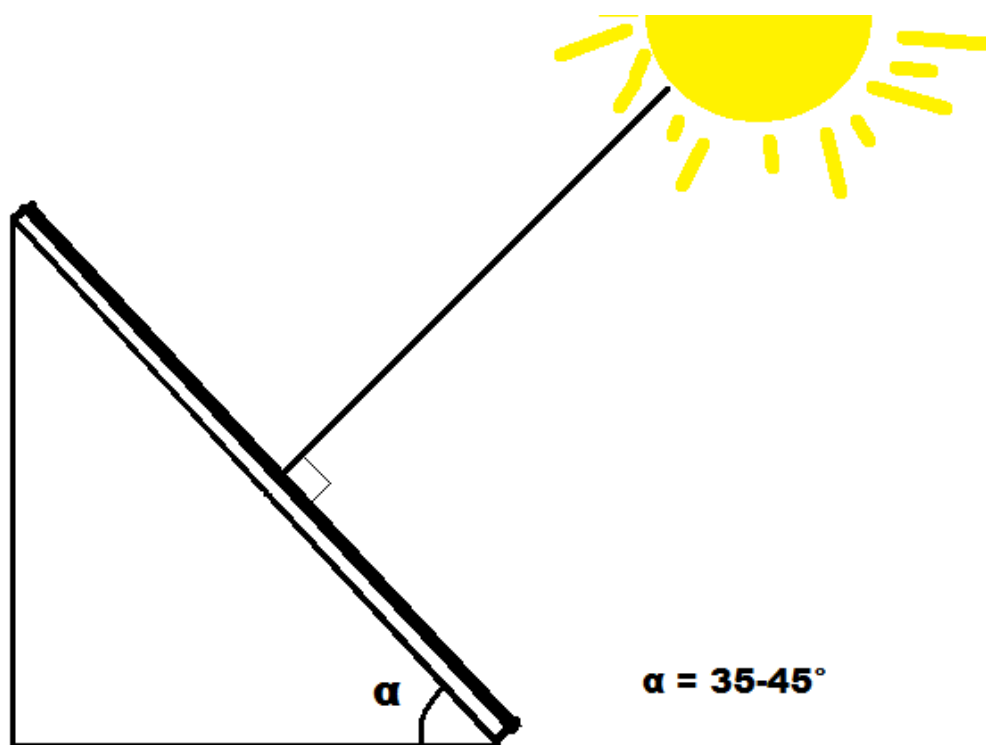
### 3 SIJOITTAMINEN

Paneelien sijoittelulla on hyvin tärkeä rooli järjestelmän tuottavuuden, sekä mitoituksen suhteen. Paneeleista saadaan yleensä suurin hyöty irti kun ne suunnataan suoraan etelään päin. Usein paras paikka aurinkopaneelien sijoitukselle kaupungissa on talon katto, sillä katoille osuu vähiten varjostusta. Pienikin varjostus paneelille voi aiheuttaa koko järjestelmän tuotantotehon laskemisen, sillä yleensä aurinkopaneelit ovat kytkettynä sarjaan, jolloin koko järjestelmän teho määräytyy vähiten sähköä tuottavan paneelin mukaan.

#### 3.1 Paneelien kallistuskulma

Paneelien kallistuskulman määrittäminen on myös hyvin oleellinen osa järjestelmän optimoimisen kannalta, sillä paneeleista saadaan parhaiten hyötyä, kun auringon tulokulma on sama paneelin kallistuskulman kanssa. Tällöin aurinko paistaa kohtisuoraan paneelin pintaa vasten.

Vuoden ympäri samassa kulmassa oleville paneeleille keskimääräisesti optimi kallistuskulma on noin 35–45 astetta. Tällöin huomioidaan auringon tulokulman vaihtelut vuodenaikojen mukaan ja asennetaan paneelit kulmaan, joka on suotuisa kaikille vuodenaajoille. On kuitenkin mahdollista että tietyt käyttökohteet tarvitsevat aurinkopaneeleja vain tiettyinä vuodenaikoina. Esimerkiksi kesämökit ovat käytössä vain kesäaikaan auringon paistaessa suhteellisen korkealta. Tällöin paneelit on järkevintä asentaa tiettyyn kulmaan käyttöajankohdan mukaisesti. Sijoituspaikka voi toimia myös osatekijänä vaikuttaen paneelien kulmaan, kuten esimerkiksi rannalta saatava hajasäteily on hyvä huomioida.



Kuva 9. Esimerkki paneelin kallistuskulmasta.

Paneelien kiintytysjärjestelmissä voi olla myös mukana mahdollisuus vaihtaa paneelien kulmaa vuodenajan ja tilanteen mukaan. Tällöin tuotannon optimointi tehostuu. Talvisaikaan aurinko ei nouse kovinkaan korkealle ja lumihangesta saadaan paljon heijastuksen kautta kerättyä säteilyä pitämällä paneeleita jyrkässä kallistuskulmassa, eli normaalisti talvisin paneelien kulma on 75–90 astetta. Jyrkällä kallistuskulmalla saadaan paneelit pidettyä puhtaana lumesta. Paneeleita on hyvä puhdistaa aika-ajoin käsin ja varmistaa että pinta on puhdas. Kesällä kallistuskulma on paljon loivempi. Suomen korkeuksilla kesäaikaan auringon laskipiste päivisin on suhteellisen korkealla, jolloin paneeli kannattaa olla asennettuna siten, että sen kallistuskulma on noin 30 astetta.

Oikea kallistuskulma on asennettaessa tärkeämpi, kuin ilmansuunta, vaikka ilmansuuntakin vaikuttaa tehokkuuteen. Tänä päivänä paneeliteknologia on jo sillä tasolla, ettei ilmansuunta ole suurin este. Kaakkoon tai lounaaseen suunnatuilla paneeleilla on vain noin 7 % pienempi tuotto kuin jos verrattaisiin siihen että paneelit olisivat suunnattuina suoraan etelään päin. Itään tai länteen suunnatuilla paneeleilla tuotanto ei putoa kuin noin 25 %.

On myös olemassa asennusjärjestelmiä, joiden avulla paneelit voidaan asentaa telineisiin. Paneelien pinta pystytään kääntämään yhden tai kahden kääntymisakselin avulla suoraan aurinkoa kohti. Tällöin paneelit saadaan seuraamaan auringon kulua, jolloin saadaan suurin hyöty irroitettua paneelistä. Auringon seurauksen mahdollistavan automaatiojärjestelmän omaavan aurinkojärjestelmän vuosituotanto voi olla jopa kaksinkertainen verrattuna kiinteisiin järjestelmiin. Suuresta tehonsaannista huolimatta järjestelmään tulevien lisälaitteiden kustannukset, huollon tarve sekä toimivarmuus ovat niin suuria, että ne laskevat seuraavan järjestelmän kannattavuutta. (Motiva, 2014)

Kattojen lisäksi hyvinä asennuspaikkoina toimivat rannat sekä aukeat, joille paistaa aurinko esteettömästi kesällä kahdeksan tunnin ajan. Rannoille asennettaessa vedestä heijastuva säteily lisää paneelien tehokkuutta.

Paneelien tehon ylläpitämiseksi tulee paneelien pintojen puhtaudesta huolehtia. Pinnan likaisuus aiheuttaa sen, ettei auringon valo pääse esteettömästi paistamaan lasin läpi kennoille, jolloin koko järjestelmän teho voi laskea huomattavasti. Keväisin suurin epäpuhtauksien aiheuttaja on siitepöly sekä katupöly. Paneelit on helppo puhdistaa pölystä harjaamalla tai pyyhkimällä. (Motiva, 2014)

#### 4 Lataussäätimet

Järjestelmissä, joissa on mukana oma akusto, on erittäin tärkeänä osana lataussäädin. Lataussäätimen päätehtävä on optimoida aurinkopaneeleilta tuleva energia akkujen lataamiseen, mutta myös suojella akkuja yllilatautumisen vaaralta. Ensimmäisen sukupolven säätimillä, eli PWM-säätimillä (Pulse width modulation) säädin toimii puhtaasti akun varaustason mukaan säätelemällä sähköön tuloa paneelilta akulle. Akun varauksen ollessa lähellä täyttä säädin antaa on/off pulsseja akulle. Säädin tarkkailee jatkuvasti akun varausta ja määrittää kuinka nopeita ja leveitä pulsseja se antaa akulle latautumiseen. Varauksen ollessa lähes täynnä säädin lataa akkuja vain silloin tällöin antamalla pienen varauksen. Akkujen ollessa tyhjinä säädin lataa akkuja pulsseilla lähes kokoajan tarkkaillen varaustasoa ja säätelee latausta pulssien välissä. (Northern Arizona Wind & Sun)

Uudemmallalla mppt-tekniikalla (maximum power point tracking) pyritään optimoimaan akkujen lataaminen saadulla teholla.. Mppt -lataussäädin toimii pelkistetysti kuten auton vaihteisto, jonka tehtävä on saada moottorin tuottama voima siirrettyä renkaille mahdollisimman tehokkaasti ja välttämään moottorin käymistä yli- tai alikierroksilla.

Mppt-säätimet toimivat seuraamalla ja vertaamalla paneelien ulostuloa akuston jännitetasoon, jonka jälkeen säädin laskee parhaan mahdollisen ulostulon paneelilta akun lataamiseen. Lataussäätimen kautta tuleva virta ja jännite riippuvat akun varauksesta eli jännitteestä. Useimmat mppt-säätimet käyttävät elektronista seurantaa, vaikka se on hieman monimutkaisempi ja kalliimpi valmistaa on se kuitenkin varmempi kuin analoginen järjestelmä. Nykysäätimien hyötysuhteella ei ole hirvittävän suurta vaikutusta suoritustasoon, sillä hyötysuhteet ovat suhteellisen korkeilla 93–97% luokissa. Mppt -lataussäätimillä voidaan parantaa huomattavasti paneeleista saatavaa lataustehoa. Talvella lataustehoa saadaan lisättyä säätimen avulla 20–45%, kesällä 10–15%. (Northern Arizona Wind & Sun)

## 5 INVERTTERIT

Aurinkosähköjärjestelmissä voidaan lukea toiseksi tärkeimmäksi komponentiksi invertteri, eli vaihtosuuntaaja. Invertterin tehtävä on yksinkertainen: muuttaa aurinkopaneeleista saatava sähkövirta tasavirrasta (DC) vaihtovirraksi (AC).

Invertterit voidaan jaotella kahdella tavalla. Ensimmäisellä tavalla voidaan invertterit jakaa kahteen ryhmään; Kanttiaalto- ja siniaaltoinvertterit. Ero näiden kahden välillä on inverttereiden tuottaman vaihtovirran laatu. Kanttiaaltoinverttereillä saadaan aikaiseksi hieman karkeampi vaihtovirta kuin siniaaltoinverttereillä, joilla vaihtovirran suuruus vaihtelee jatkuvasti siniaaltoisena. Tästä johtuen jotkut herkemmat sähköiset laitteet, kuten tietokoneet ja hi-fi äänentoistolaitteet, toimivat heikommin tai eivät toimi ollenkaan kanttiaaltoisella vaihtovirralla. (Rainbow Power Company)

Invertterit voidaan myös jaotella niiden koon, sekä sijoituspaikan mukaan. Tällöin ne jaetaan kolmeen eri luokkaan; Mikroinvertterit, stringi-invertterit sekä keskusinvertterit.



Mikroinvertterit ovat nimensä mukaisesti pieniä inverttereitä, joidenka toiminta-alue on paljon matalajännitteisempi kuin yhden ison invertterin. Matalajännitteisyydestään johtuen mikroinvertterit voidaan asentaa kiinni yksittäisiin paneeleihin tai paneelipareihin. Tällöin pystytään ottamaan jokaisesta yksittäisestä aurinkopaneelisti mahdollisimman paljon irti. Mikroinverttereillä varustetussa järjestelmässä yksittäisen paneelin varjostus tai vikaantuminen ei laske koko järjestelmän tuottoa, vaan jokainen paneeli toimii omana yksikkönään virran tuotossa.

Stringi-invertterit puolestaan ovat tällä hetkellä suosituin invertterimalli niiden monipuolisuuden vuoksi. Stringi-invertteriä käyttävissä järjestelmissä kaikki tai suuret paneeliyksiköt ovat kaikki liitettynä yhteen invertteriin. Järjestelmän koosta riippuen inverttereiden määrä vaihtelee.

Keskusinverttereitä käytetään voimalakäytössä olevien aurinkosähköjärjestelmien inverttereinä.

Piensähköntuottajalle täten on käytännössä merkitystä vain mikro- ja stringi-inverttereillä. Invertterin valinta kannattaa hahmotella tarkkaan suunnitteluvaiheessa. Järjestelmän sijoituspaikka ja mahdolliset varjostukset ovat ensimmäinen huomioitava seikka. Mikäli järjestelmän kohdalle tulee ajoittain varjostuksia, tai järjestelmän paneelit eivät kaikki osoita yhteen suuntaan katon muodoista johtuen, mikroinvertterit ovat hyvä valinta, sillä niiden avulla koko järjestelmän tuotanto voidaan optimoida paneelien varjostuksista huolimatta.

Itsestään mikroinvertterit ovat kallimpia kuin stringi-invertterit, mutta halvemmat asennuskustannukset, sekä pidemmät takuuajat vaikuttavat positiivisesti mikroinverttereiden haluttavuuteen. Mikroinverttereillä rakennettun järjestelmään on myös suhteellisen helppo lisätä paneeleita myöhemmin. (Anapode solar) (Maehlum, 2014)

## 6 PANEELIDEN HINTA JA TEHOKKUUS

Paneelien hinta, nimellisteho sekä hyötysuhteet vaihtelevat hyvinkin paljon markkinoilla olevien mallien välillä. Hinta paneeleille muodostuu kennoihin käytetystä ma-

teraaaleista, paneelin kehikon materiaaleista, kennon valmistustavasta, valmistustavan antamasta hyötysuhteesta sekä paneelin nimellistehosta. Nimellisteholla tarkoitetaan sitä tehomäärää mikä saadaan paneelistä, kun auringonsäteily osuu paneeliin lämpötilan ollessa +25 °C, kulman 35 ° ja säteilytehon 1000 W/m<sup>2</sup> (Finnwind Oy, 2013)

Paneeleiden hinnat kannattaakin aina laskea jakamalla paneelin hinta nimellisteholla, jolloin saadaan paneelin hinta €/W muodossa. Tällöin saadaan selville kuinka monta euroa mikin paneeli maksaa wattia kohden, jolloin on helpompi laskea ja vertailla kuinka monta euroa milläkin paneelimallilla tulisi mitoitettun tehomäärän täyttämisen maksamaan.

Paneeleiden hinta yleensä liittyy vahvasti paneelin hyötysuhteeseen, vaikkakin hinta myös riippuu paneelin myyjästä. Paneeleiden hyötysuhteen ( $\eta$ ) voi laskea seuraavanlaisella kaavalla paneelin nimellistehoa ( $P_{nim}$ ), paneelin pinta-alaa ( $A$ ), sekä standardeissa määritettyä säteilytehoa ( $E_e$ ) käyttäen.

$$\eta = \frac{P_{nim}}{A \times E_e} \quad (2)$$

Hyötysuhdetta määritettäessä käytetään säteilymääränä 1000 W/m<sup>2</sup>. Esimerkiksi paneelin, jonka nimellisteho on 250 W ja pinta-ala 1.6 m<sup>2</sup>, hyötysuhde saadaan sijoittamalla arvot kaavaan.

$$\eta = \frac{250W}{1.6 \text{ m}^2 \times 1000 \text{ W/m}^2} \times 100 = 15,60\% \quad (3)$$

Paneeleiden hyötysuhde riippuu kennojen materiaalista sekä valmistusprosessista. Taulukosta 2 näkee, että keskimäärin yksikiteisten paneelien hyötysuhde on hieman korkeampi kuin monikiteisten paneelien. Ero kiteisten paneelien kesken ei kuitenkaan ole niin korkea kuin kiteisten paneelien ja ohutkalvopaneelien välillä. Tämänhetkisten markkinoilla olevien ohutkalvopaneelien hyötysuhde on sen verran

alhainen, ettei niille ole kovinkaan paljoa kysyntää maissa, kuten Suomi, joissa aurinkosähkön käyttö on vasta rantautumassa. Tästä syystä suurempiin aurinkosähköjärjestelmiin soveltuvien ohutkalvopaneeleiden tarjonta on suhteellisen pientä yksittäisille kuluttajille.

Järjestelmää hankkiessa kannattaa kinnittää huomiota laitteiden valmistajaan, sekä hieman tutkia laitteita myyviä yrityksiä.

Taulukko 2. Paneelien hinta- sekä hyötysuhdevertailua. Tiedot haettu myyjien sivuilta, sekä tuottajien esitteistä. (Lähteet taulukko 2)

Paneeli	Kennotyyppi	pinta-ala (m <sup>2</sup> )	Nimellisteho (Wp)	Vmp (V)	Imp (A)	Voc (V)	Isc (A)	Hyötysuhde	Hinta €/W
Sunivia 265W-Blue	Yksikiteinen	1,62	265	30,7	8,64	38,3	9,12	16,30 %	1,82
Luxor 200 M	Yksikiteinen	1,28	200	37,26	5,37	44,12	5,85	15,70 %	1,15
Axitec Premium 300P	Monikiteinen	1,94	300	-	-	45,48	8,71	15,50 %	1,05
Hyundai HiS-S250MG	Yksikiteinen	1,63	250	30,5	8,2	37,5	8,7	15,40 %	2,36
AE-Own Energy 300W	Yksikiteinen	1,94	300	37,5	8	45,4	8,38	15,40 %	1,17
Unimen 250p US250M	Yksikiteinen	1,63	250	-	-	37,4	8,76	15,40 %	0,98
Astroenergy 285W	Monikiteinen	1,94	285	65,66	8,04	44,77	8,8	14,70 %	1,82
SolarWorld SW 150	Monikiteinen	1,03	150	18,3	8,81	22,5	8,81	14,60 %	1,46
Axitec Premium 250M	Yksikiteinen	1,71	250	-	-	37,98	8,8	14,60 %	1,18
Tonpoint 245W	Yksikiteinen	1,7	245	49,51	4,95	59,45	5,54	14,40 %	0,8
Solar Innova 140W	Monikiteinen	1	140	18,3	7,65	21,95	8,25	13,90 %	1,707
CSUN 255-60P	Monikiteinen	1,87	255	30,1	8,47	37,5	8,88	13,60 %	0,96
Schott ASI 100 W	Ohutkalvo	1,46	100	30,3	3,28	40,9	3,9	6,90 %	1,2

## 7 JÄRJESTELMÄN MITOITUS

Aurinkosähköjärjestelmää mitoitettaessa olennaisin asia on kohteen sähkönkulutus. Järjestelmä kannattaakin mitoittaa siten, että saadan mahdollisimman paljon tuotetusta sähköstä hyödynnettyä omassa käytössä ilman ylijäämän myymistä. Mitoittamalla järjestelmä juuri oikean kokoiseksi päästään yleensä parhaisiin taloudellisiin tuloksiin.

Mikäli halutaan mahdollisimman lyhyt takaisinmaksuaika järjestelmälle, tulee järjestelmä mitoittaa siten, ettei järjestelmän nimellisteho ylitä kohteen jatkuvaa sähkön tarvetta päiväsaikaan, eli ns. pohjakulutusta. Kaikki sähkö, mikä joudutaan syöttämään verkkoon lisää teoreettista takaisinmaksuaikaa, sillä vaikka siitä sähköyhtiö

maksaisi sähkön pörssihintaa, ei myydyn sähkön hinta vastaa ostosähkönhintaa ostosähkön hinnan muodostuessa pörssihinnan lisäksi siirtomaksusta ja verotuksesta. Monesti mitoituksen lopulliseen päätökseen myös saattaa vaikuttaa tarjolla oleva tila, sekä ulkonäkökysymykset. (Motiva, 2015)

## 7.1 Sähkösopimukset

Aurinkosähköjärjestelmää suunniteltaessa on oltava yhteydessä kohteen jakeluverkon omistajaan sekä sähkön tarjoajaan. Sähköntuottajan kanssa on aina tehtävä sopimus ylijäämäsähköstä, kun rakennetaan sähköverkkoon liitettävää järjestelmää. Sopimuksen liittäminen omaan sähköliittymään onnistuu, mikäli tuotannon teho on yksivaiheisena tuotantona alle 3,7 kVA tai kolmivaiheisena alle 6,9 kVA. Suuremmissa tehon tapauksissa täytyy sähköntuottajan suunnittelijan varmistaa liitettävyyys.

Laitteiston, joka aiotaan liittää sähköverkkoon, tulee täyttää joko suomalaisen SFS-EN 50438 standardin ehdot laitteen vaatimuksista tai saksalaisen VDE-AR-N 4105 2011-8 standardin ehdot tuotetun sähkön laadun takaamiseksi. (Savon Voima Oy)



Kuva 10. Sähkön tuntihinnan kehitys. (Fingrid)

Aurinkosähköjärjestelmässä on oltava mukana kaksisuuntainen etäluettava tuntimit-tari sähkön mittaamiseksi. Mikäli kohteesta puuttuu kyseinen mittari mittalaitteen asennus ja mahdollinen ohjelmointi tapahtuu jakeluverkonhaltijan toimesta. Suurin osa tämänpäivän kotitalouksista kuitenkin omaa jo valmiiksi etäluettavan mittarin, jolloin liittäminen onnistuu suoraan. Mittarin kautta luetaan verkkoon syötetty ylijää-mäsähkö, josta maksetaan sopimuksen mukaisesti.

Monella sähköntoimittajalla ylijäämäsähköstä maksettava hinta on sidottuna sähkön pörssihintaan. Sähköntoimittajasta ja solmitusta sopimuksesta riippuen verkkoon syötettävästä sähköstä voidaan periä sähkömarkkina-asetuksen mukainen verkko-palvelumaksu. Esimerkiksi Savon Voima perii 0,07 snt/kWh ylijäämäsähköstä. (Savon Voima Oy) (Mäntyranta, 2015)

## 8 YHTEENVETO

Tulevaisuus aurinkosähkön näkökulmasta on valoisa. Asenteet ja yleinen tietämys aurinkoenergiasta ovat koko ajan kehittymässä parempaan päin. Jopa kylmässä pohjolassa on huomattu aurinkoenergian tuoma potentiaali. Uusia, sekä vanhoja rakennuksia täydennetään aurinkojärjestelmillä ja näin ollen kannetaan oma korsi kekoon ekologisuuden puolesta. Onhan se kaukaa haettua, että aurinkoenergialla pystyisimme heti huomenna kumoamaan ilmastonmuutoksen ja unohtamaan sanan ”kasvihuonepäästöt”. Askel kohti puhtaampaa elinympäristöä on kuitenkin aina parempi kuin olla välittämättä asiasta ollenkaan.

Puhtaamman askeleen ottamisen suunnittelu ei kuitenkaan välttämättä ole täysin helppoa. Laadukkaan aurinkosähköjärjestelmän suunnittelu on moniosainen ja tarkka projekti. Onneksi apua ja tietämystä löytyy yhä kasvavissa määrin.

Aurinkosähköjärjestelmiä suunniteltaessa lopputulokseen paljon vaikuttaa kohteen sijainti ja suuruus. Järjestelmän mitoittaminen on täten monen tekijän summa ja jokainen tekijä on otettava huomioon. Optimaalisen tuloksen aikaan saamiseksi on huomioitava paneelien sijoituspaikka, suuntaus ja kulma.

Tällähetkellä realistisia vaihtoehtoja asuinrakennuksen aurinkosähköjärjestelmän paneelimateriaaleiksi ovat yksi- sekä monikiteiset paneelit, markkinoilla olevien ohutkalvopaneeleiden hyötysuhteiden ollessa matalat. Paneeleita valittaessa kannattaakin kiinnittää huomiota paneelin tietoihin ja muistaa se, ettei valmistajien ilmoittama nimellisteho pidä paikkaansa kesäpäivien lämmössä.

Paneeliteknologian kehittyessä huimaa vauhtia syntyy jatkuvasti uusia innovatiivisia käyttökohteita aurinkoenergialle, jolloin kotien aurinkojärjestelmät eivät jää ainoaksi ratkaisuksi. Mielestäni kännyköitä ja kannettavia tietokoneita lataava aurinkopaneelireppu on oiva keksintö modernille ihmiselle, joka on jatkuvasti liikkeellä.

## 9 LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT

**Casey, Tina. 2014.** Clean Technica. [Online] 27. 2 2014. [Viitattu: 26. 5 2015.]

<http://cleantechnica.com/2014/02/27/first-solar-knocks-park-new-solar-cell-efficiency-record/>.

**D.S. Kim, A.M. Fabir, V. Ylendur, A.D. Upadhyaya, V. Meemongkolkiat, A.Rohatgi.** [Online] [Viitattu: 26. 5 2015.]

<http://www.ece.gatech.edu/research/UCEP/papers/3world/STRING%20RIBBON%20SILICON%20SOLAR%20CELLS%20WITH%2017.8%25%20EFFICIENCY.pdf>.

**EnerPlex Oy.** Cleantechnica. [Online] [Viitattu: 3. 5 2015.]

<http://cleantechnica.com/2013/10/17/ascent-solar-launches-enerplex-packr-solar-backpack/enerplex-packr-solar-backpack/>.

**Fingrid.** *Sähkönpörssihinnan mobiilisovellus.*

**Finnwind.** Finnwind.fi. [Online] [Viitattu: 9. 4 2015.]

<http://www.finnwind.fi/aurinkovoima>.

**Finnwind Oy. 2013.** Aurinkoenergiaopas. [Online] 1. 2 2013. [Viitattu: 25. 4 2015.]

<http://www.finnwind.fi/aurinko/Aurinkoenergiaopas-Finnwind.pdf>.

**Frank Andorka. 2014.** Solar Power World. [Online] 8. 1 2014. [Viitattu: 24. 5 2015.]

<http://www.solarpowerworldonline.com/2014/01/cigs-solar-cells-simplified/>.

**Koberlein, Brian. 2015.** brianamberlein.com. [Online] 6. 5 2015. [Viitattu: 20. 5 2015.] <https://brianamberlein.com/2015/05/06/bit-by-bit/>.

**Maanselkä, Vesa. 2011.** Valosähköilmiö. *Opetus.tv.* [Online] 21. 11 2011. [Viitattu: 28. 4 2015.] <http://opetus.tv/fysiikka/fy8/valosahkoilmio/>.

**Maehlum, Mathias Aarre. 2014.** Energy informative. [Online] 12. 9 2014. [Viitattu: 2. 3 2015.] <http://energyinformative.org/are-solar-micro-inverters-better-than-central-inverters/>.

**Mæhlum, Mathias Aarre. 2013.** Energy Informative. [Online] 14. 8 2013. [Viitattu: 26. 5 2015.] <http://energyinformative.org/grid-tied-off-grid-and-hybrid-solar-systems/>.

**Maehlum, Mathias Aarre. 2015.** Energy Informative. [Online] 10. 2 2015. [Viitattu: 26. 4 2015.] <http://energyinformative.org/best-solar-panel-monocrystalline-polycrystalline-thin-film/>.

**Motiva. 2015.** Motiva. [Online] 4. 5 2015. [Viitattu: 23. 5 2015.]

[http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva\\_energia/aurinkoenergia/aurinkosahko/hankinta\\_ja\\_asennus/aurinkosahkojarjestelman\\_mitoitus](http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/aurinkoenergia/aurinkosahko/hankinta_ja_asennus/aurinkosahkojarjestelman_mitoitus).

—, 2014. Motiva. [Online] 12. 5 2014. [Viitattu: 2. 5 2015.]

[http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva\\_energia/aurinkoenergia/aurinkosahko/aurinkosahkojarjestelman\\_kaytto/huolto\\_ja\\_kunnossapito](http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/aurinkoenergia/aurinkosahko/aurinkosahkojarjestelman_kaytto/huolto_ja_kunnossapito).

—, 2014. Motiva. [Online] 6. 6 2014. [Viitattu: 30. 5 2015.]

[http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva\\_energia/aurinkoenergia/aurinkosahko/aurinkosahkon\\_perusteet/auringonsateilyn\\_maara\\_suomessa](http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/aurinkoenergia/aurinkosahko/aurinkosahkon_perusteet/auringonsateilyn_maara_suomessa).

**Mäntyranta, Olli. 2015.** 12. 5 2015.

**Northern Arizona Wind & Sun.** Northern Arizona Wind & Sun. [Online] [Viitattu:

10. 5 2015.] <http://www.solar-electric.com/solar-charge-controller-basics.html>.

—, Northern Arizona Wind & Sun. [Online] [Viitattu: 16. 5 2015.] <http://www.solar-electric.com/mppt-solar-charge-controllers.html>.

**Rainbow Power Company.** [Online] [Viitattu: 28. 5 2015.]

[http://www.rpc.com.au/pdf/sine\\_&\\_square\\_wave\\_electricity.pdf](http://www.rpc.com.au/pdf/sine_&_square_wave_electricity.pdf).

**Rushworth, John. 2014.** Victron Energy. [Online] 21. 6 2014. [Viitattu: 11. 5 2015.]

<http://www.victronenergy.com/blog/2014/07/21/which-solar-charge-controller-pwm-or-mppt/>.

**Savon Voima Oy.** Pientuotantolomake.

**Solar Facts and Advice. 2012.** Solar Facts and Advice. [Online] 2012. [Viitattu: 16.

5 2015.] <http://www.solar-facts-and-advice.com/monocrystalline.html>.

—, 2012. Solar Facts and Advice. [Online] 2012. [Viitattu: 26. 5 2015.]

**Tieteen Kuvalehti. 2007.** 2, 2007, Tieteen kuvalehti.

**U.S Department of Energy.** The History of Solar. [Online] [Viitattu: 13. 5 2015.]

[https://www1.eere.energy.gov/solar/pdfs/solar\\_timeline.pdf](https://www1.eere.energy.gov/solar/pdfs/solar_timeline.pdf).

Esitteet taulokko 1:

**Nova CHSM.** [Online] [Viitattu: 4. 4 2015.] <http://www.astronergy.com/products.php>.

**AE-OWN energy.** [Online] [Viitattu: 15. 3 2015.]

[http://www.auraenergia.fi/kauppa/wp-content/uploads/2014/03/300W\\_Mono+black-1.pdf](http://www.auraenergia.fi/kauppa/wp-content/uploads/2014/03/300W_Mono+black-1.pdf).

**ASM6610P (BF).** [Online] [Viitattu: 4. 4 2015.]

[http://www.astronergy.com/attch/product/ASM6610P\(BF\)\\_EN.pdf](http://www.astronergy.com/attch/product/ASM6610P(BF)_EN.pdf).

**First solar series.** [Online] [Viitattu: 12. 5 2015.]

<http://www.firstsolar.com/en/about-us/resource-library/module-documents>.



- PowerMax SMART.** [Online] [Viitattu: 5. 4 2015.] <http://www.avancis.de/en/cis-solar-modules/powermax-smart/>.
- Solar laminate PVL-136.** [Online] [Viitattu: 5. 4 2015.] <http://www.nooutage.com/pdf/UniSolar-PVL136.pdf>.
- Solarfennel.** [Online] [Viitattu: 25. 3 2015.] <http://sunelec.com/datasheet-library/download/solar%20fennel%20280-290.pdf>.
- Suniva optimus.** [Online] [Viitattu: 6. 4 2015.] <http://suniva.com/docs/Suniva-Optimus-60-Black.pdf>.
- Hyundai MG-Series.** [Online] [Viitattu: 6. 5 2015.] [http://www.sungifttrade.co.uk/wp-content/uploads/2014/05/MG-Series-Datasheet\\_EN-2013-08.pdf](http://www.sungifttrade.co.uk/wp-content/uploads/2014/05/MG-Series-Datasheet_EN-2013-08.pdf).
- Nova CHSM6610M.** [Online] [Viitattu: 6. 5 2015.] [http://www.astronergy.com/attch/product/20130913\\_NOVA\\_CHSM6610M\\_with\\_45mm\\_frame%20\(1\).pdf](http://www.astronergy.com/attch/product/20130913_NOVA_CHSM6610M_with_45mm_frame%20(1).pdf).
- Solarion SOL100Flex.** [Online] [Viitattu: 6. 5 2015.] <http://www.ensolar.com/pv/panel-datasheet/Thin-film/261>.
- Sonali solar 230 ss.** [Online] [Viitattu: 6. 5 2015.] <http://www.sonalisolar.com/ss-250-bipv.php>.
- Suntech stp 305.** [Online] [Viitattu: 20. 3 2015.] [http://cz.krannich-solar.com/fileadmin/content/pdf/czech/STP290-305\\_Ve\\_Poly\\_EN\\_AD\\_free.pdf](http://cz.krannich-solar.com/fileadmin/content/pdf/czech/STP290-305_Ve_Poly_EN_AD_free.pdf).
- Anapode solar.** Anapode solar. [Online] [Viitattu: 6. 3 2015.] <https://www.anapode.com/content/MicroInverters>.
- Axitec.** Axitecsolar.com. [Online] Axitec. [Viitattu: 19. 3 2015.] [http://www.axitecsolar.com/tl\\_files/pdf/DB\\_60zlg\\_mono\\_premium\\_MiA\\_GB.pdf](http://www.axitecsolar.com/tl_files/pdf/DB_60zlg_mono_premium_MiA_GB.pdf).

Lähteet taulukko 2:

- Grillikauppa.** [Online] [Viitattu: 28. 4 2015.] <http://www.grillikauppa.com/aurinkopaneeli-hyundai-250w-monokristalli-1?gclid=COyastOR3cUCFWINcwodk50A-g>.
- Maalämpötukku.** [Online] [Viitattu: 1. 5 2015.] <http://www.maalampotukku.fi/category/153/aurinkopaneelit>.
- Photon solar.** [Online] [Viitattu: 10. 5 2015.] <http://www.photon-solar.eu/>.
- Sun Electronics.** [Online] [Viitattu: 29. 4 2015.] <http://sunelec.com/solar-panels>.
- Suntekno.** [Online] [Viitattu: 15. 4 2015.] <http://suntekno.bonsait.fi/fi/page/21>.